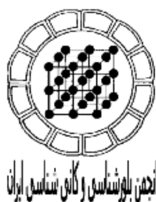
مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

سال بیست و ششم، شمارهٔ دوم، تابستان ۹۷، از صفحهٔ ۲۶۳ تا ۲۷۲



کانی‌شناسی، زمین‌شیمی و ریخت‌شناسی ذرات تشکیل‌دهنده‌ی پدیده‌ی گرد و غبار در شهرستان گناباد

صدیقه زیرجانی‌زاده

گروه زمین‌شناسی، مجتمع آموزش عالی گناباد

(دریافت مقاله: ۹۶/۳/۲۱، نسخه نهایی: ۹۶/۶/۱)

چکیده: یکی از نواحی ایران که به دلیل خشکسالی‌های اخیر دستخوش پدیده نوظهور گرد و غبار شده است شهرستان گناباد در جنوب استان خراسان رضوی است. به منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ذرات گرد و غبار و نقش آنها در آلودگی محیط زیست، تعداد ۹ نمونه جمع‌آوری شد و جنبه‌های کانی‌شناسی، زمین‌شیمیایی و ریخت‌شناسی آنها به روش بررسی XRF, XRD و SEM و میکروآنالیز EDX مطالعه شد. بررسی‌های XRD نشان داد که ترکیب کانی‌شناسی غالب شامل تکتوسیلیکات‌ها (کوارتز و فلدسپارهای قلیایی)، کربنات‌ها (کلسیت) و کانی‌های رسی است. نتایج حاصل از طیف‌سنجی XRF نشان داد که ترکیب اکسیدهای اصلی گرد و غبار گناباد شبیه ترکیب میانگین سایر نقاط دنیاست. بررسی ضریب غنی‌شدگی (EF) برای عناصر مختلف نشان داد که V، Cu, Ba و Co دارای EF< ۱۰ و خاستگاه طبیعی و پوسته‌ای هستند و عناصر Cr, Pb, Zn, Ni به دلیل بالا بودن ضریب غنی-شدگی (بالاتر از ۱۰) خاستگاه غیرپوسته‌ای و غیرطبیعی (فعالیت‌های انسانی) دارند. تصاویر SEM نشان داد که ذرات گرد و غبار گناباد بیشتر به شکل‌های کروی، نامنظم و منشوری هستند. بیشتر نمونه‌های گرد و غبار دارای اندازه‌های بین ۱۵ تا ۵۰ میکرومتر هستند. نتایج ریزتجزیه EDX حضور فازهای کوارتز، کلسیت و کانی‌های آلومینوسیلیکاته را تایید کرد.

واژه‌های کلیدی: *ذرات گرد و غبار؛ کانی‌شناسی؛ اکسیدهای اصلی؛ گناباد.*

مقدمه

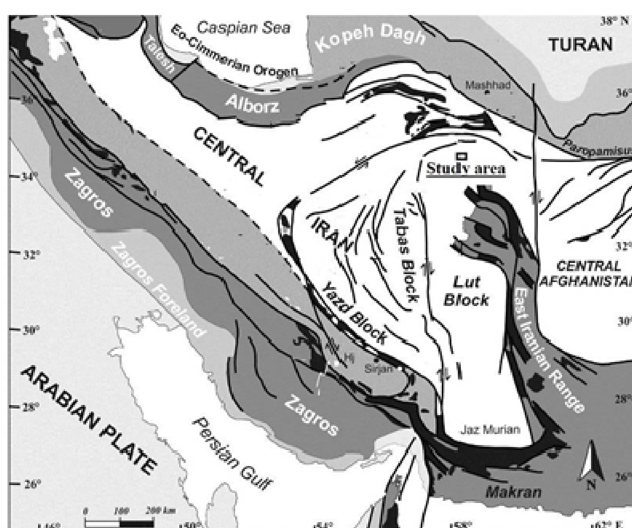
پدیده گرد و غبار یکی از پدیده‌های جوی و اقلیمی است که باعث وارد شدن خسارت در زمینه زیست محیطی و بروز یا تشدید بیماری‌های تنفسی و قلبی، ترافیک زمینی، گردشگری، کشاورزی و غیره می‌شود. طوفان گرد و غبار، به عنوان منبع اصلی ذرات معلق در هوا، اغلب در مناطق خشک و نیمه خشک در سراسر جهان رخ می‌دهد و با توجه به خطرات زیست محیطی جدی آن مورد توجه قرار گرفته است [۱]. هر سال، چند میلیارد تن از خاک، گرد و غبار به جو وارد می‌شود که نقش حیاتی در الگوی تغییرات فصلی، میرایی تابش خورشیدی و محیط‌های دریایی، دینامیکی و آب و هوا دارد [۲-۷]. بررسی‌های متعدد نشان داده است که استنشاق ذرات معلق موجود در هوا، ناشی از طوفان‌های گرد و غبار، تاثیر منفی بر سلامت انسان، به ویژه کودکان و افراد مسن، دارد (به عنوان مثال [۸، ۹] را ببینید). تاثیر ذرات معلق در هوا به ویژگی‌هایی چون اندازه، شکل و کانی‌شناسی آنها بستگی دارد [۱۰] که ابتدا با توجه به این که کدام رسوبات خاک الگوی تغییرات فصلی در پی داشته و چه ترکیب شیمیایی دارد توسط منابع زمینی تعیین می‌شود [۱۱]. به عبارت دیگر، توزیع اندازه ذرات اطلاعات اساسی برای توصیف سنگ و فرآیندهای زمین‌شناسی، از جمله رسوب، چینه‌شناسی، زمین‌شناسی ساختمانی، خاک-شناسی و آتشفشان‌شناسی ارائه می‌دهد [۱۲].

به‌طور کلی دو نوع آلاینده در گرد و غبارها تشخیص داده شده‌اند: گونه‌ی اول شامل ترکیبات CO، NO_2، SO_2، فلزات

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۳۵۹۸۵۹۶، نمابر: ۰۵۱۵۷۲۵۲۹۶۹، پست الکترونیکی: zirjani38@yahoo.com

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.263]

سنگین به ویژه سرب و کادمیوم و گروه دوم شامل اجزای شیمیایی، فیزیکی و زیست‌شناختی موجود در گرد و غبار (همه مواد معلق در هوا) هستند [۱۳]. در سال ۱۹۹۱ با گسترش فناوری و گستره‌ی وسایل اندازه‌گیری ذرات از سوی آژانس حفاظت از محیط زیست آمریکا (US-EPA)، ذرات دیگری بنام PM10 معرفی شدند که شامل همه‌ی ذرات با قطر آئرودینامیکی کمتر از ۱۵ میکرون هستند. ذرات PM 2.5 و PM1 نیز در سال ۱۹۹۷ از سوی همین سازمان، گزارش شدند. معمولاً خاستگاه ذرات PM10 طبیعی و ذرات PM2.5 را غیرطبیعی و یا دارای خاستگاه غیرطبیعی می‌دانند. کمربند گرد و غبار در نیمکره شمالی بزرگترین و مداوم ترین منبع گرد و غبار در جهان است [۱۴]. بخش داخلی قاره آسیا شامل مناطق وسیع و گسترده خشک و نیمه‌خشک مناسب برای انتشار و انتقال گرد و غبار است [۱۵]. کشور ایران نیز به دلیل این مشکل و همجوار بودن با بخش وسیعی از پهنه‌های بیابانی در معرض آثار نامطلوب این پدیده قرار می‌گیرد. عبدی ویشکایی و همکاران [۱۶] فرآیندهای دینامیکی منجر به انتشار گرد و غبار در کشورهای پیرامون ایران و همچنین انتقال آنها به سمت شمال‌غرب ایران در تابستان و همچنین پس از آن را بررسی کرده‌اند. آنها نشان دادند که شایع‌ترین منابع نفوذ گرد و غبار در غرب کشور، کشورهای سوریه، عراق و ورای آنها هستند. نتایج بررسی محتوای کانی‌شناسی ریزگردهای جمع-آوری شده در پراکنش‌های سال ۱۳۹۰ در منطقه خوزستان با استفاده از تصاویر SEM نشان داد که بیشتر دارای ریزگردهای پراکنده در این منطقه شکل‌های کروی، لوزوجهی، نامنظم و منشوری با اندازه متوسط ۲ تا ۴ میلیمتر هستند که ذرات رسی کوچکترین اندازه و ذرات سولفاته و کلسیتی بزرگترین اندازه را دارند [۱۷]. شرق ایران در دشت سیستان، در همسایگی کشورهای افغانستان و پاکستان، از مکان‌های مساعد زمین-ساختی برای وزش بادهای قوی و پراکنش ریزگردهای جوی در ایران است. بررسی ویژگی‌های فیزیکی ریزگردها در منطقه سیستان نشان داده که تقریباً در همه روزهای پراکنش ریزگرد در منطقه زابل، مقدار ریزگردهای PM10 بیش از ۱۰۰ واحد بوده است [۱۸]. با توجه به اینکه هر یک از این ذرات می‌توانند حامل آلاینده‌های دیگر به‌ویژه ترکیبات شیمیایی، و یا خود با کانی‌شناختی و یا ریخت‌شناسی ویژه می‌توانند یک آلاینده‌ی خطرناک باشند، بررسی آنها از نظر اندازه، شکل و ترکیب کانی-شناسی با اهمیت است [۱۳]. هدف این پژوهش بررسی کانی-شناسی و زمین‌شیمیائی ریزگردهای نمونه‌برداری‌شده در منطقه گناباد است که نزدیک به بیش از دو دهه آثار مخرب آنها، مسائل زیست‌محیطی متعددی را در منطقه در پی داشته است. منطقه گناباد با توجه به تقسیم‌بندی پهنه‌های رسوبی-ساختاری عمده ایران [۱۹]، در شمال شرقی خردقاره ایران مرکزی قرار دارد (شکل ۱). این شهرستان با مساحتی حدود ۵۹۰۲ کیلومتر مربع، در جنوب استان خراسان رضوی و از نظر موقعیت در طول شرقی °۲۷–°۵۷ تا °۴۶–°۵۹ و عرض شمالی °۰۳–°۳۴ تا °۵۴–°۳۴ قرار دارد. بررسی ترکیب کانی-شناسی، زمین‌شیمی، درصد فراوانی با اندازه‌ی مشخص و شکل ذرات گرد و غبار در این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرد. این یافته‌ها برای تعیین خاستگاه ریزگردها در منطقه و ارائه راه کارهای علمی به منظور کاهش آثار مخرب پراکنش آنها در زیست بوم منطقه کاربرد دارد.



شکل ۱ موقعیت منطقه مورد بررسی و جایگاه آن در پهنه لوت [۱۹].

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.263]

نمونه‌برداری و روش کار

نمونه‌برداری از ذرات گرد و غبار در هشت ناحیه از حریم‌های اطراف گناباد و همچنین مرکز شهر و مکان دانشگاه آموزش عالی گناباد (در مجموع ۹ نمونه) انجام گرفت. موقعیت جغرافیایی برداشت نمونه‌های مورد بررسی در جدول ۱ آمده است. مکان‌ها طوری انتخاب شدند که در معرض تماس با انسان نبوده و میزان آلودگی کمینه باشد. نمونه‌ها در لوله‌های استوانه‌ای شکل از جنس پلی‌اتیلن جمع‌آوری شدند. محل جمع‌آوری نمونه‌ها بالاتر از سطح زمین، در ارتفاع ۲ متری و ۱٫۵ متری قرار داشت تا آلودگی ناشی از خاک، ذرات معلق یا رطوبت به کمترین مقدار برسد. از میان نمونه‌های جمع‌آوری شده، به‌منظور تعیین ترکیب کانی‌شناسی در دو فاز اصلی و کمیاب، ۵ نمونه که در شرایط مشابه برداشته شده بودند که به روش XRD بررسی شدند. مقدار نمونه لازم برای انجام این آزمایش (دست کم ۸۰۰ میکروگرم) بیش از نمونه‌های گرد و غبار برداشت شده در یک بازه زمانی کوتاه است. از این رو این روش در اصل برای تعیین خاستگاه این رسوبات و نمونه‌های نهشته شده گرد و غبار در دراز مدت کارایی دارد. با هدف تعیین غلظت و ترکیب عناصر موجود در گرد و غبارها، شامل اکسیدهای اصلی و پراکندگی بعضی از عناصر سنگین، آن ۵ نمونه مورد بررسی زمین‌شیمیایی فلوئورسانس پرتو ایکس (XRF) نیز قرار گرفتند. بررسی نمونه‌ها به روش XRD و XRF (توسط دستگاه Philips PW3710) در شرکت تحقیقات معدنی طیف کانساران بینالود مشهد انجام شد. نتایج این بررسی‌ها در جدول‌های ۱، ۲، ۳ آمده است. بررسی‌های SEM (میکروسکوپ الکترونی روبشی مدل VP 1450) و EDX به‌منظور تعیین اندازه، فراوانی، ریخت‌شناسی و در نهایت ترکیب شیمیایی ذرات، در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد.

جدول ۱ نتایج XRD نمونه‌های گرد و غبار منطقه گناباد در سال ۱۳۹۵.

فاز فرعی	فاز اصلی	نمونه	X	Y
	Quartz, Calcite, Albite, calcian, Illite	(51993)	۶۵۵۷۷۰	۳۸۰۳۵۰۹
	Quartz, Calcite, Albite, calcian, Illite	(51990)	۶۷۵۷۷۸	۳۸۱۵۵۸۳
Illite	Quartz, Calcite, Albite, Dolomite,	(51994)	۶۵۸۹۷۹	۳۸۰۲۲۹۴
	Quartz, Calcite, Albite, Illite	(51991)	۶۵۸۰۷۵	۳۷۹۹۶۵۷
	Quartz, Calcite, Albite, Illite	(51992)	۶۵۸۳۳۵	۳۸۰۴۴۲۹

جدول ۲ ترکیب اکسیدهای اصلی در ذرات تشکیل‌دهنده گرد و غبار منطقه گناباد و مقایسه با سایر نقاط مستعد ریزگرد در ایران.

نمونه	SiO_2	Al_2O_3	Na_2O	MgO	K_2O	TiO_2	MnO	CaO	P_2O_5	Fe_2O_3
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
(51990)	۵۰٫۴۳	۱۱٫۱۳	۱٫۵۴	۳٫۷۸	۲٫۳۲	۰٫۶	۰٫۰۷	۱۴٫۱	۰٫۱۷	۴٫۰۹
(51991)	۵۴٫۵۹	۱۰٫۶۸	۱٫۲۴	۳٫۵۵	۲٫۱۸	۰٫۵۹	۰٫۰۷	۱۱٫۴۱	۰٫۱۵	۴٫۰۴
(51992)	۵۲٫۲۶	۱۱	۱٫۴۹	۳٫۶	۲٫۲۵	۰٫۵۷	۰٫۰۷	۱۱٫۰۱	۰٫۲۳	۴٫۲۷
(51994)	۴۶٫۶۷	۱۱	۱٫۴۶	۴٫۲۲	۲٫۴۱	۰٫۷۲	۰٫۰۸	۱۳٫۶۲	۰٫۲۱	۴٫۸۷
(51993)	۴۴٫۷۴	۱۰٫۲۹	۱٫۸	۴٫۷۲	۲٫۴۹	۰٫۵۸	۰٫۰۷	۱۳٫۸۴	۰٫۳	۴٫۰۸
اهواز [۲۲]	۳۶-۴۲	۱۳-۸	۱۸٫۴-۳٫۱	۲٫۲۷-۵٫۴	۲٫۲۷-۱٫۳	۰٫۹۳-۰٫۴۸	۰٫۳۴-۰٫۰۰۱	۲۱٫۲-۱۰٫۴	۰٫۳۴- ۰٫۰۰۱	۲٫۵-۷٫۸
سیستان و بلوچستان [۲۳]	۳۶-۴۷	۱۰-۱۰٫۸	۴٫۲-۵٫۴	۴٫۳	۱>	۱>	۱>	۱۲-۱۲٫۲	۱>	۳٫۸-۴٫۸
پوسته ابتدایی زمین [۲۴]	۶۱٫۵	۱۵٫۱	۳٫۲	۳٫۷	۲٫۴	۰٫۶۸	۰٫۱	۵٫۵	-	۶٫۲۸

جدول ۳ نتایج تجزیه برخی از عناصر فرعی در ذرات تشکیل‌دهنده گرد و غبار منطقه گناباد.

	Ba	Co	Cr	Ni	Pb	Zn	Sr	V	Mo
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
(51990)	۳۴۱	۹	۱۰۴	۷۵	۳۹	۷۹	۱۴۵	۵۷	۱۲
(51991)	۳۳۱	۱۰	۱۰۰	۵۲	۴۱	۵۵	۱۲۵	۵۹	۱۵
(51992)	۳۲۱	۱۲	۹۴	۵۵	۱۴	۸۸	۲۰۰	۶۴	۱۴
(51994)	۴۳۵	۱۰	۹۸	۶۱	۲۵	۸۶	۱۶۳	۶۷	۱۲
(51993)	۳۳۲	۹	۸۴	۵۹	۳۱	۱۰۸	۱۹۰	۵۴	۱۳
مقدار استاندارد [۲۶]	۵۰۰	۲۰	۶۴	۵۰	۳۰۰	۴۰	-	۱۳۰	۴

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.263]

ترکیب کانی‌شناسی گرد و غبارهای منطقه مورد بررسی

نمونه‌های گرد و غبار بررسی‌شده به طور عمده از سیلیکات‌ها و کربنات‌ها تشکیل‌شده‌اند. غالب‌ترین فازهای کانی‌شناختی شامل کوارتز، فلدسپار، کانی‌های رسی و کربنات‌های کلسیم هستند. وجود کانی‌های رسی به عنوان فاز کانیایی فرعی نقش جاذب بعضی از فلزات سنگین را دارد. عدم توانایی در حمل و واکنش بسیاری از فلزات با کوارتز و کلسیت نشان می‌دهد که این کانی‌ها نقش مهمی در تمرکز فلزات و عناصر سنگین نخواهند داشت و در صورت وجود عناصر ویژه و یا فلزات سنگین، آنها بیشتر از محیط پیرامون خود در ساختار ذرات گرد و غبار تزریق شده‌اند و خاستگاه غیرطبیعی دارند [۲۰].

ویژگی‌های زمین‌شیمیایی ذرات گرد و غبار

بررسی اکسیدهای اصلی تشکیل‌دهنده ذرات گرد و غبار نشان می‌دهد که عمده‌ترین ترکیب زمین‌شیمیایی این ذرات ترکیب کانی‌شناسی تکتوسیلیکات‌ها و فیلو سیلیکات‌ها را دارد. SiO_2 به عنوان مهمترین اکسید تشکیل‌دهنده ذرات گرد و غبار در نواحی مختلف جهان شناخته‌شده است و اکسیدهای آلومینیوم و آهن در رده‌های بعدی قرار دارند [۲۱]. مقدار اکسیدهای اصلی در ذرات گرد و غبار نشانگر ترکیب کانی‌شناسی و ترکیب سنگ‌ها در این ذرات است، و در نواحی که ذرات گرد و غبار فاصله طولانی را طی نمی‌کنند از این اکسیدها به منظور تعیین خاستگاه و یا احتمالاً چند خاستگاهی بودن ذرات استفاده می‌شود [۲۱]. بررسی زمین‌شیمی طوفان گرد و غبار [۲۱] نشان داد که میانگین ترکیب عمده آنها از نظر عناصر اصلی عبارت است از:

SiO_2 (59.99%) - Al_2O_3 (14.13%)-Fe_2O_3 (6.85%) - CaO(3.94%)-MgO(2.6%)-K_2O (2.35%)

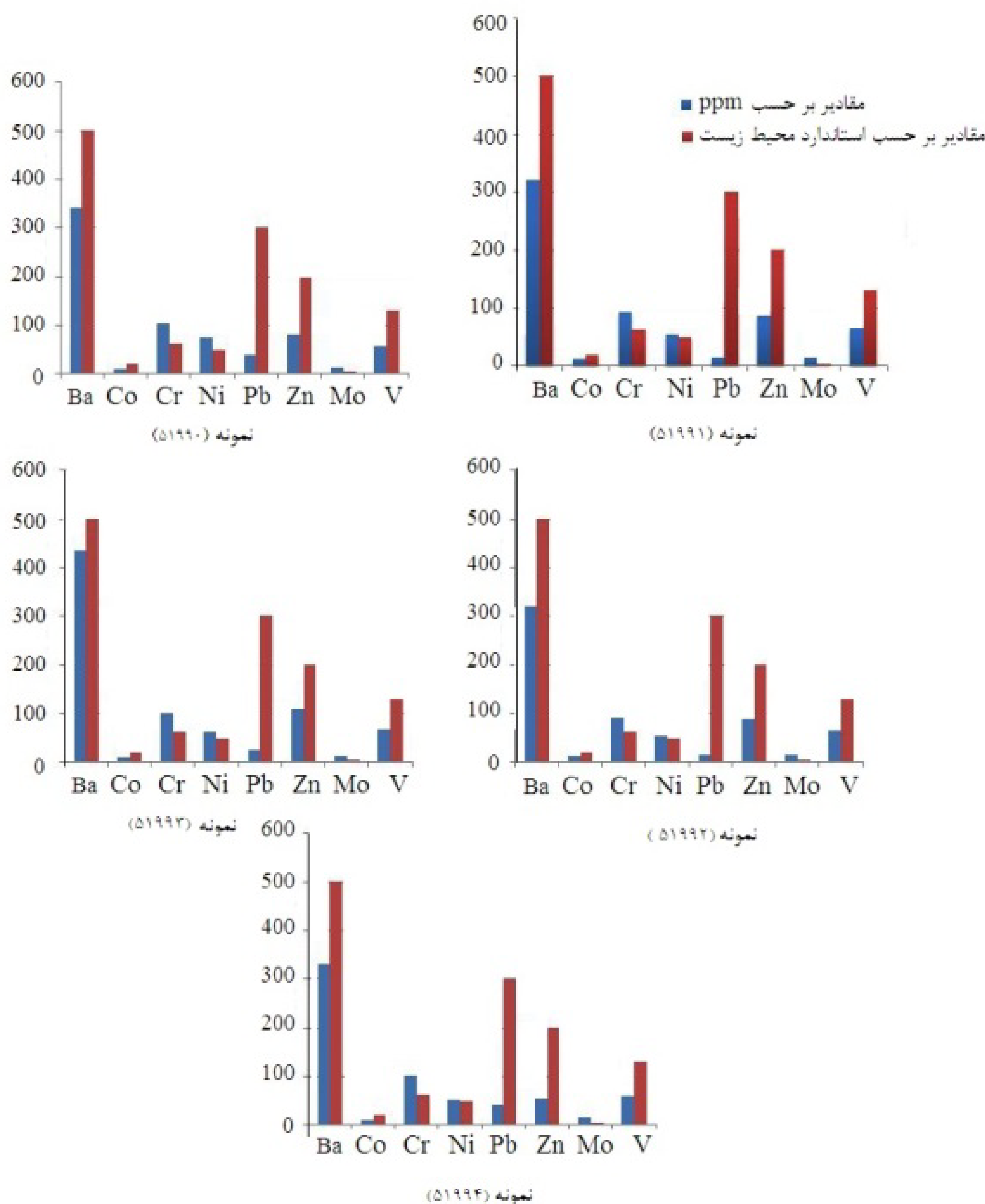
مقدار SiO_2 در نمونه‌های برداشت‌شده کمتر از میانگین ارائه شده است. کمترین مقدار در نمونه (51993)، ۴۴٫۷۴ است و بیشترین مقدار آن ۵۴٫۵۹ درصد مربوط به نمونه (51991) است. مقادیر عناصر اصلی و نسبت‌های آنها در نمونه‌های گرد و غبار نزدیک به هم هستند. Al و Fe از عناصر اصلی تشکیل‌دهنده پوسته زمین هستند نتایج تمرکز متوسطی از این عناصر را نشان می‌دهد (جدول ۲) [۲۲-۲۴]. مقایسه ترکیب زمین‌شیمی ریزگردها در گناباد با سایر نقاط مستعد ریزگرد در ایران (به ویژه در مقایسه با ترکیب ریزگردهای سیستان و بلوچستان)، نشان‌دهنده ترکیب متفاوت و لذا خاستگاه، متفاوت ریزگردهاست (جدول ۲). بررسی شرایط و محیط زمین‌شناسی سرزمین‌های مسیر جریان باد حاوی توفان‌های گرد و غبار نشان می‌دهد که خاستگاه این ذرات احتمال دارد که محیط رسوبی وابسته به دگرسانی و فرسایش سنگ‌های رسوبی و بیشتر آذرین با ترکیب فلسی و حدواسط باشد.

مقایسه عناصر سنگین با مقادیر استاندارد

روش‌های گوناگونی برای مشخص‌کردن آلودگی خاک وجود دارد. در همه این روش‌ها تلاش بر این است که بر اساس مقایسه مناطق، تحلیل آماری و استفاده از غلظت مرجع، میزان آلودگی مشخص شود. لذا تا کنون این روش‌ها به شکل‌های مختلف طبقه‌بندی شده‌اند. این روش‌ها در یک طبقه‌بندی به دو دسته کیفی مانند تجزیه مولفه‌های اصلی (PCA) و تحلیل عاملی (CA) و کمی مانند ضریب غنی‌شدگی و شاخص زمین-انباشتگی تقسیم شده‌اند، که معمولاً روش‌های کمی بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد. در طبقه‌بندی دیگر، روش‌های ارزیابی آلودگی در دو گروه منفرد و ترکیبی قرار می‌گیرند. روش‌های ارزیابی منفرد بر پایه به عنوان مثال ضریب غنی-شدگی، شاخص آلودگی، شاخص زمین انباشتگی و شاخص آلودگی خطر، آلودگی هر فلز را جداگانه بررسی می‌کنند. اما روش‌های ترکیبی بر پایه از جمله شاخص آلودگی میانگین وزنی و شاخص Nemerow اثر تجمعی آلودگی بیش از یک فلز را ارزیابی می‌کنند. از آنجا که روش‌های کمی به غلظت مرجع تکیه دارد، یک مشکل عمده در ارتباط با روش صحیح ارزیابی آلودگی خاک، شناسایی مقادیر مناسب مرجع در شرایطی است که خاک آلوده نشده باشد. مقادیر مرجع معمول مورد استفاده شامل غلظت زمینه، غلظت پوست زمین، میانگین شیل جهانی و مقادیر مرجع نظارتی ست. مناسب‌ترین مرجع، غلظت زمینه منطقه مورد بررسی است، زیرا شرایط زمین شناسی و اقلیمی گوناگون در نقاط مختلف دنیا، غلظت‌های متفاوتی را ایجاد می‌کند. به عنوان مثال میزان غلظت زمینه برای Pb در شرق آمریکا ۱۴، کانادا ۵۰ و هلند ۵۳۰ قسمت در میلیون قسمت از نمونه (ppm) گزارش شده است [۲۱]. اگر غلظت زمینه منطقه مورد بررسی گزارش نشده باشد می‌توان از غلظت پوسته زمین یا میانگین شیل جهانی استفاده کرد. در این مورد بهتر است از استاندارد ملی برای مقایسه عناصر سنگین با مقادیر استاندارد استفاده شود. با توجه به این که خاک این منطقه از نوع قلیایی بوده و دارای pH تقریباً بالایی است [۲۵] از استانداردهای ملی ارائه شده برای خاک‌های قلیایی مطرح شده استفاده شد. از

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.263]

آنجا که هدف از این مطالعه، بررسی آلودگی کلی منطقـه اسـت بنابراین از استانداردی که برای حفاظت محیط زیست اسـتفاده شـد [۲۶]. نمودارهـای شـکل ۲ مقایسـه نتـایج تجزیـه فلـزات سنگین با شاخص کلی را نـشان مـی‌دهـد. در تمـام نمودارهـا، مقدار نیکل، کروم و مولیبدن از حد اسـتاندارد محـیط زیـست بیشتر است و در نتیجه این سه عنصر دارای پتانـسیل آلـودگی در منطقه مورد بررسی هستند البته نیکل در غلظـت‌هـای بـالا موجب سمیت می‌شود که خوشبختانه در خاک مـورد بررسـی، مقدار نیکل تقریباً در مرز تعیـین‌شـده بـرای حالـت اسـتاندارد است. بقیه عناصر سنگین بر اساس شاخص کلی فاقـد آلـودگی هستند.



شکل ۲ مقایسه نتایج تجزیه فلزات سنگین با شاخص استاندارد محیط زیست [۲۶].

تحلیل‌های آماری

رتبه‌بندی آلودگی سه عنصرنیکل، کروم و مولیبدن که از حد استاندارد بیشتر بودند با استفاده از روش‌های آماری بررسی شد. جهت تعیین شدت آلودگی خاک به عناصر سنگین از شاخص زمین انباشتگی (Igeo) و شاخص آلودگی خاک (CF) استفاده شد. مولر [۲۷] شاخص زمین انباشتگی را برای ارزیابی آلودگی خاک به وسیله مقایسه مقدار فلزات سنگین در حال حاضر و پیش از صنعتی شدن معرفی کرده است. این شاخص به منظور تعیین‌کردن درجه آلودگی و میزان تاثیر عوامل انسانی نسبت به عوامل طبیعی در محیط خاک و رسوب استفاده می‌شود و از معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$Igeo= \log \frac{Cn}{1.5\, Bn} \quad (۱)$$

که Cn غلظت اندازه‌گیری شده عنصر در نمونه و Bn غلظت همان عنصر در نمونه زمینه است. در این معادله از ضریب ۱٫۵ برای تصحیح آثار مواد مولد خاک، نوسانات طبیعی و تغییرات بسیار کم ایجاد شده در اثر فعالیت‌های انسانی استفاده شده است. بر اساس شاخص آلودگی می‌توان مقدار فلزات را نسبت به مقدار طبیعی آنها سنجید و میزان آلایندگی خاک را تعیین کرد. رابطه شاخص آلودگی به صورت زیر است:

$$CF = \frac{C_{\text{نمونه}}}{C_{\text{زمینه}}} \quad (۲)$$

در این رابطه، صورت کسر غلظت عنصر در نمونه و مخرج کسر مقدار غلظت عنصر در زمینه است. خاک‌ها از نظر شاخص آلودگی به فلزات سنگین به ۴ گروه تقسیم می‌شوند [۲۸] که عبارتند از:

$CF<1$: آلودگی کم، $1\le CF<3$: آلودگی متوسط، $3\le CF<6$: آلودگی بالا و $CF\ge 6$: آلودگی بسیار بالا. با قرار دادن مقادیر عناصر اندازه‌گیری شده در معادله (۱) مشخص شد که در ناحیه مورد بررسی، از نظر شاخص زمین انباشتگی نیکل در رتبه نخست و کروم و مولیبدن در رتبه دوم قرار دارند و همچنین با قرار دادن مقادیر عناصر در رابطه (۲)، نیکل، کروم و مولیبدن دارای آلودگی کم هستند.

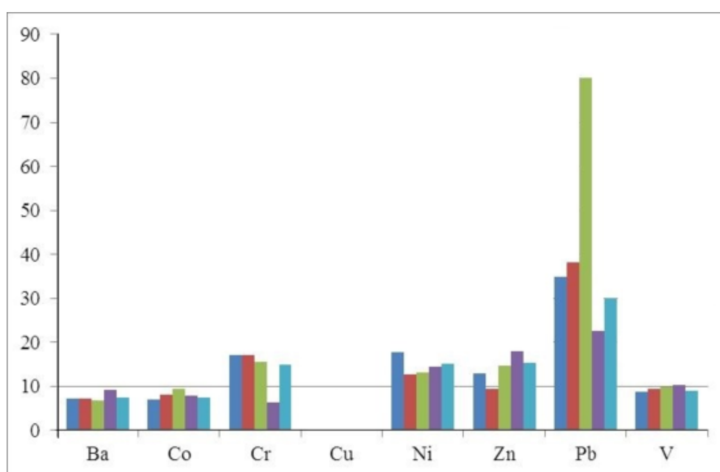
بررسی ضریب غنی‌شدگی عناصر (EF) **در ذرات گرد و غبار**

بر اساس این ضریب می‌توان مقدار یک عنصر را نسبت به مقدار طبیعی آن سنجید و برای ارزیابی غنی‌شدگی یک محیط توسط محیط دیگر مورد استفاده قرار داد. محاسبه این ضریب روشی مناسب برای تعیین خاستگاه طبیعی و بشرزاد آلودگی است. این ضریب از رابطه زیر محاسبه می‌شود [۲۹]:

$$EF = [Cx/Cref]Sampele \,/\, [Cx/Cref]Backgroun \quad (۳)$$

در این رابطه Cref غلظت عنصر مرجع در پوسته [۳۰] و Cx غلظت عنصر مورد بررسی است. عنصر مرجع عنصری است که تغییرات اندکی در محیط دارد و غلظت آن در محیط متاثر از فعالیت‌های انسانی نباشد. در این پژوهش، Al به عنوان عنصر مرجع در نظر گرفته شده است. بر این اساس عناصر با EF نزدیک به ۱۰ نشان‌دهنده خاستگاه پوسته و یا به عبارتی طبیعی برای آن عنصر و مقادیر بالاتر از ۱۰ نشان‌دهنده خاستگاه غیر پوسته‌ای و یا غیرطبیعی (فعالیت‌های انسانی) است [۲۹].

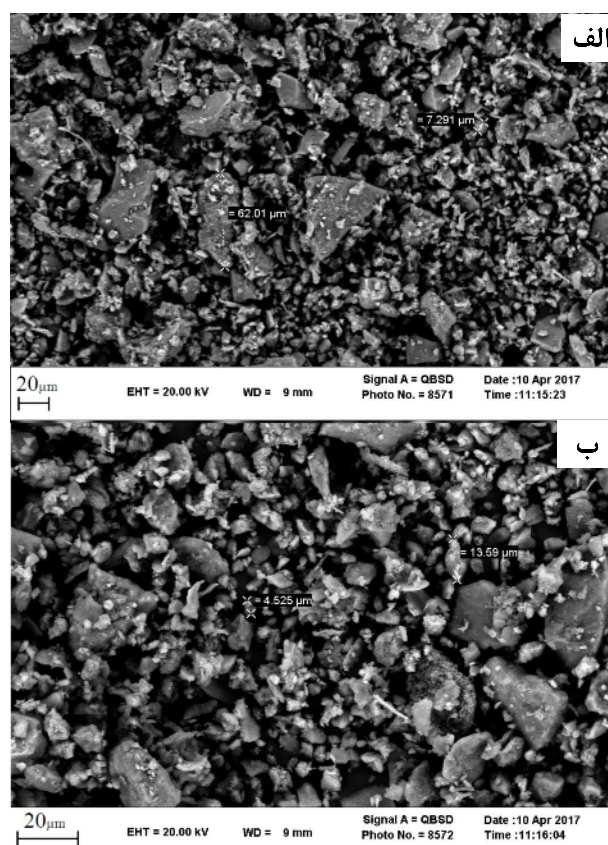
باتوجه به شکل (۳)، وانادیوم، کبالت، مس و باریم ضریب غنی‌شدگی کمتر از ۱۰ و خاستگاه پوسته‌ای دارند و سایر عناصر به دلیل بالا بودن ضریب غنی‌شدگی (بیش از ۱۰) خاستگاه غیرپوسته‌ای و غیرطبیعی (فعالیت‌های انسانی) دارند.



شکل۳ ضریب غنی شدگی (EF) برای عناصر مختلف در ذرات گرد و غبار.

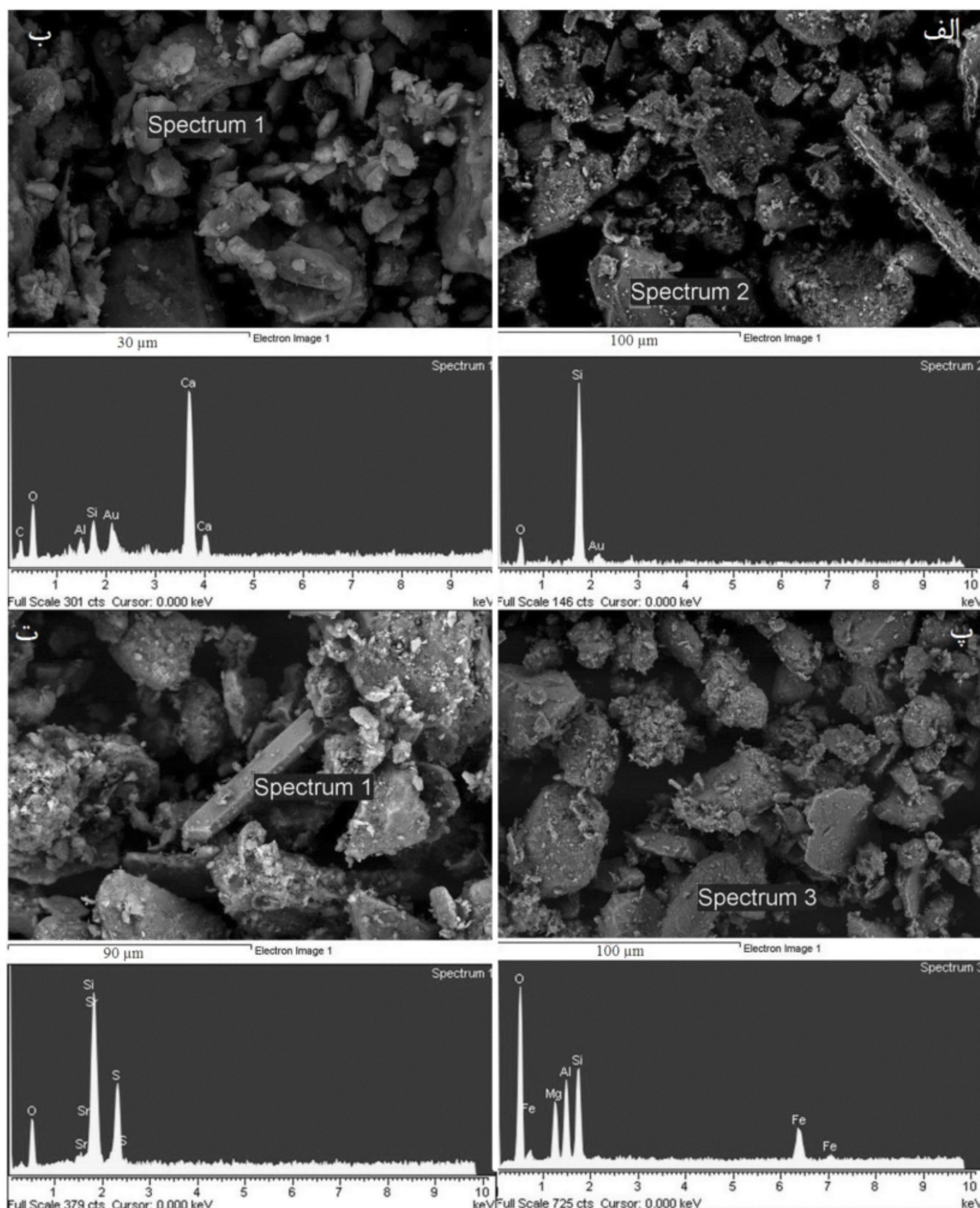
بررسی‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و ریزتجزیه (EDX)

میکروسکوپ الکترونی روبشی یکی از روش‌های پرکاربرد در حوزه بررسی ریزگردها است. این میکروسکوپ، امکان بررسی شیمیایی ترکیب سطح و ریزساختار داخلی را در ابعاد میکرونی و نانومتری فراهم می‌آورد. بررسی‌ها با این میکروسکوپ در کل به دو گروه میکروسکوپی و طیف‌سنجی (EDX) تقسیم می‌شود که مورد نخست برای بررسی فازها، ذرات، ریخت-شناسی و غیره است و حالت دوم برای بررسی‌های شیمیایی لایه‌های بیرونی (EDX) همچون سطح به کار برده می‌شود. در این پژوهش با استفاده از روش SEM همراه با ریزتجزیه (EDX)، ترکیب شیمیایی هر ذره به همراه شکل و انبوهه‌های آن اندازه‌گیری و بررسی شد. برای این منظور نمونه‌های 51990 و 51994 مورد بررسی SEM و EDX قرار گرفتند. تعداد ۲۴ عکس از این نمونه‌ها تهیه شد و تعداد ۳۵ ذره مورد تجزیه EDX قرار گرفتند. بررسی شکل و اندازه ذرات در این تصاویر نشان می‌دهد که نمونه‌ها از نظر شکل و کانی‌شناسی از یکنواختی متوسطی برخوردارند. شکل‌های کروی، نامنظم، کشیده، منشوری و لوزی‌رخ در این نمونه‌ها به ترتیب معرف ذرات آلومینوسیلیکاتی رسی، کوارتز و کلسیت در ذرات گرد و غبار است. بر اساس تصاویر SEM در شکل‌های ۴ و ۵، اندازه ذرات از کمتر از ده میکرون (بیشتر از کانی‌های رسی) بین ده تا سی میکرون (بیشتر از بلورهای کلسیت و کوارتز) هستند که در بیشتر نمونه‌ها نمود کاملاً مشخص دارند با نگاهی اجمالی می‌توان دریافت که اندازه‌های بین ۱۵ تا ۵۰ میکرومتر ترکیب غالب نمونه‌های گرد و غبار را تشکیل می‌دهند بررسی نتایج ریزتجزیه EDX (شکل ۵) بخوبی حضور فازهای کوارتز، کلسیت، کانی‌های شامل عناصر کمیاب و کانی‌های آلومینوسیلیکاته را تایید می‌کند. وجود کانی‌های شاخص محیط‌های آذرین و دگرگونی و کانی‌های سنگین در نمونه‌های مورد بررسی به نظر می‌رسد که ناشی از سرزمین‌های با این سنگ‌ها در استان خراسان رضوی و استان‌های همسایه باشد.



شکل ۴ تصاویر SEM ذرات گرد و غبار گناباد. اندازه ذرات در نمونه 51990 (تصویر الف) از کمتر از ۱۰ تا بیش از ۶۰ میکرومتر متغیر است. اندازه ذرات در نمونه ۵۱۹۹۴ (ب) از کمتر از ۵ میکرومتر تا ۳۰ میکرومتر، متغیر است.

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.263]



شکل ۵ تصاویر SEM و میکروآنالیز EDX نمونه ریزگردهای گناباد. براساس بررسی‌های EDX فاز کوارتز (شکل الف)، فاز کلسیت (شکل ب)، فاز کانی های رسی(ایلیت، شکل پ) و فاز کانی‌های کمیاب (استرونسیانیت، شکل ت) بخوبی مشهود است.

برداشت

بررسی‌های بسیاری در زمینه تاثیر ذرات PM بر سلامتی انسان انجام شده است [۸، ۹]. برای مثال ذرات PM10 تـاثیر زیـادی بر استنشاق دارد زیرا می‌تواند در شش‌ها ته‌نشین شـود. تمرکـز بالای فلزات با این ذرات قابل استنشاق مثـل Pb, Cd, V, Fe, Zn, Cr, Ni و Mn برای انسان سمی است [۳۱،۳۲]. عناصری مانند Hg, Pb و Cd حتی در غلظـت کـم هـم سـمی هـستند [۳۱،۳۲]. تجزیـه ترکیـب شـیمیایی نقـش مهمـی در بررسـی ویژگی‌های شیمیایی ذرات گرد و غبار دارد و اطلاعـات مفیـدی نه فقط در بحث سلامتی انسان بلکه در زمینـه‌شناسـایی منبـع انتشار آنها فراهم می‌سازد. ریزگردها یکی از پدیده‌های مخـرب زیست محیطی هستند که در بخش‌های وسیعی از غرب، مرکز و شرق ایران (به ویژه در منطقه گناباد) رخ می‌دهد. ریزگردهـا در شرق آسیا دارای غلظت قابل توجهی از کلسیت و ژیپس بوده

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.263]

و همچنین شامل کاتیون‌های Na^{+}, Mg^{2+} و Ca^{2+} و آنیون‌های $SO4^{2-}$ و Cl^{-} هستند [۳۳]. پژوهش نجفی و همکاران [۳۴] نشان داد که گرد و غبار با خاستگاه شمال شرق عربستان و بیابان‌های داخلی عراق، دارای کانی ژیپس و گرد و غبار با محتوای کوارتز، فلدسپات و کلسیت، دارای خاستگاه داخلی است. نتایج بررسی کانی‌شناسی ریزگردها در منطقه خوزستان نشان می‌دهد که سه گروه کانی‌های کربناته (کلسیت) سیلیکاته (کوارتز) و کانی‌های رسی (کائولن) کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده ریزگردها در این منطقه بوده، مهمترین فاز فرعی کانی ژیپس است [۱۷]. بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ریزگردها در منطقه گناباد نشان می‌دهد که:

۱- ترکیب کانی‌شناسی غالب ذرات گرد و غبار شامل کربنات‌ها (کانی غالب: کلسیت) سیلیکات‌ها (کانی غالب: کوارتز و فلدسپارهای قلیایی) و رس‌ها (کانی غالب: ایلیت) است.

۲- تجزیه شیمیایی ریزگردهای جمع‌آوری شده در این منطقه نشان می‌دهد که مهم‌ترین ترکیبات به ترتیب فراوانی شامل SiO_2، Al_2O_3، Fe_2O_3، CaO، MgO، K_2O و Na_2O هستند.

۳- بررسی تصاویر SEM نشان می‌دهد که شکل‌های کروی، نامنظم و منشوری مهم‌ترین شکل‌های تشکیل‌دهنده‌ی ذرات گرد و غبارند.

۴- بررسی نتایج ریزتجزیه EDX بخوبی حضور فازهای سیلیکات (تکتوسیلیکات‌ها و فیلو سیلیکات‌ها)، کربنات و کانی-های فرعی را نشان می‌دهد.

۵- اندازه‌ی متوسط این ذرات بین ۱۵ تا ۵۰ میکرومتر است، که ذرات رسی کم‌ترین اندازه و سیلیکاته و کربناته بیش‌ترین اندازه را دارند.

مراجع

[1] Prospero J. M., Ginoux P., Torres O., Nicholson S. E., Gill T. E., *"Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the nimbus 7 total ozone mapping spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product*" Rev. Geophys. 40 (2002), doi: 10.1029/2000RG000095

[2] Tegen I., Fung I., "*Modeling of mineral dust in the atmosphere: sources, transport, and optical thickness*", J. Geophys. Res. 99(1994) 22897–22914.

[3] Tegen I., A.A. Lacis, I. Fung, *"The influence of mineral aerosols from disturbed soils on the global radiation budget*", *Nature*, 380 (1996) 419-422, doi:10.1038/380419a0

[4] Dunion J., Velden C., *"The impact of the Saharan air layer on Atlantic tropical cyclone activity. Bull*", Am. Meteor. Soc. 85 (2004) 353–365.

[5] Prasad A.K., Singh S., Chauhan S.S., Srivastava M.K., Singh R.P., Singh R., *"Aerosol radiative forcing over the Indo-Gangetic Plains during major dust storms*. Atmos", Environ. 41 (2007) 6289–6301.

[6] Singh R.P., Prasad A.K., Kayetha V.K., Kafatos M., "*Enhancement of oceanic parameters associated with dust storms using satellite data*", J. Geophys. Res., 113, C11008 (2008), doi: 10.1029/2008JC004815

[7] Patadia F., Yang E.S., Christopher S.A., *"Does dust change the clear sky top of atmosphere shortwave flux over high surface reflectance regions"*, Geophys. Res. Lett., 36, L15825 (2009) doi: 10.1029/2009GL039092

[8] Dockery D., Pope A., *"Epidemiology of acute health effects: summary of timeseries studies. In: Wilson, R., Spengler, J.D. (Eds.), Particles in our Air: concentrations and health effects*", Harvard University Press, Cambridge, MA, (1996) 123–147.

[9] Nastos P.T., Paliatsos A.G., Anthracopoulos M.B., Roma E.S., Priftis K.N., *"Outdoor particulate matter and childhood asthma admissions in Athens, Greece: A time-series study*" Environmental Health: A Global Access Science Source 9, art. no. 45 (2010), doi: 10.1186/1476-069X-9-45

[10] Mahowald N., Baker A., Bergametti G., Brooks N., Duce R., Jickells T., Kubilay N., Prospero J., Tegen I., "*Atmospheric global dust cycle and iron inputs to the ocean*", Global Biogeoch. Cycles 19 (2005) GB4025, doi: 10.1029/2004GB002402.

[11] Claquin T., Schulz M., Balkanski Y., Boucher O., *"Uncertainties in assessing radiative forcing by mineral dust*" TellusB 50 (1998) 491–505.

[12] Kandler K., Schütz L., Deutscher C., Ebert M., Hofmann H., Jckel S., Jaenicke R., Knippertz P., Lieke K., Massling A., Petzold A., Schladitz A., Weinzierl B., Wiedensohler A., Zorn S., Weinbruch S., "*Size distribution, mass concentration, chemical and mineralogical composition and derived optical parameters of the boundary layer aerosol at Tinfou, Morocco, during SAMUM2006*". TellusB 61 (2009), 32–50.

[23] Rashki A, Eriksson P, Rautenbach CdW, Kaskaoutis D, Grote W, Dykstra J., "*Assessment of chemical and mineralogical characteristics of airborne dust in the Sistan region, Iran*", Chemosphere, 90(2) (2013) 227-36.

[24] Usher CR, Michel AE, Grassian VH., "*Reactions on mineral dust*", Chemical Reviews, 103(12) (2003) 4883-940.

[25] Department of Natural Resources, Khorasan*," The Desertification Plan of Barzgar area, Gonabad, Feasibility Study of Soil Resources"*, (2007) 56 p.

[26] Department of Human Environment, soil and Water office, *"Soil quality standards and its guidelines"*, (2016) 166p.

[27] Muller G., *"Heavy metals in the sediment of the Rhin-Changes seity*", Umschau in Wissenschaft und Technik, 79 (1971) 778–783.

[28] Hakanson L., *"Ecological risk index for aquatic pollution control, a sedimentological approach*", Water Research, 14: 975-1001.

[29] Cong Z, Kang S, Liu X, Wang G ., *"Elemental composition of aerosol in the Nam Co region, Tibetan Plateau, during summer monsoon season*", Atmos Environ 41(2007) 1180–1187

[30] Taylor S. R., McLennan S. M, "*The geochemical evolution of the continental crust*", Rev. Geophys. 33(1995) 241–265.

[31] Aydina I., Aydina F., Saydutb A., Bakirderec E. G., Hamamcia C.,"*Hazardous metal geochemistry of sedimentary phosphate rock used for fertilizer (Mazıdag, SE Anatolia, Turkey)*", Microchemical Journal Volume 96, Issue 2, (2010) 247–251, doi.org/10.1016/j.microc.2010.03.006

[32] Koçak M., Mihalopoulos N., Kubilay N., "*Origin and source regions of PM10 in the Eastern Mediterranean atmosphere*", Atmospheric Research, Volume 92, Issue 4, (2009) 464-474.

[33] Wang, Y., G. Zhuang, Y. Sun, and Z. An, "*Water- soluble part of the aerosol in the dust storm season Evidence of the mixing between mineral and pollution aerosols*", Atmos. Environ, 39, (2005a) 7020–7029, doi:10.1016/j.atmosenv.2005.08.005.

[34] Najafi M. S., Khoshakhlagh F., Zamanzadeh S.M., Shirazi M.h., Samadi M., *"Investigating Dust Composition in West and Southwest of Iran",* Geography and natural hazards, 6 (2013) 6-36.

[13] Irene Rodrıguez E., Salvador GalıE Celia Marcos, *"Atmospheric inorganic aerosol of a nonindustrial city in the centre of an industrial region of the North of Spain,and its possible influence on the climate on a regional scale"*, Environmental Geology, 56 (2009) 1551-1561.

[14] Prospero J. M., Ginoux P., Torres O., Nicholson S. E., Gill T.E., *"Environmental characterization of global sources of atmospheric soil dust identified with the nimbus 7 total ozone mapping spectrometer (TOMS) absorbing aerosol product"*, (2002) Rev. Geophys. 40, doi: 10.1029/2000RG000095.

[15] Zhang X. Y., Arimoto R., An Z. S., *"Dust emission from Chinese desert sources linked to variations in atmospheric circulation",* J. Geophys. Res. 102 (1997) 28041–28047.

[16] Abdi Vishkaee F., Flamant C., Cuesta J., Flamant P., Khalesifard H., *"Multi-platform observations of dust vertical distribution during transport over northwest Iran in the summertime"*, J. Geophys. Res., 116, D05206, doi:10.1029/2010JD014573 (2011).

[17] Zarasvandi A., Moore F., Nazarpour A., *"Mineralogy and morphology of dust storms particles in Khuzestan Province: XRD and SEM analysis concerning"*, Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, 19(3) (2011) 511-518.

[18] Nora M., Sahebzadeh B., *"Geometry, Geochemistry and Petrography of dusts in Southeast Iran - Sistan Area"*, 1st International Dust Conference, Shahid Chamran University of Ahvaz (2015).

[19] Aghanabati, A., *"Geology of Iran"*, Geological Survey of Iran, Tehran (2004) 620 p.

[20] Raeispour K., *"Statistical Analysis of Dust Phenomenon in Khuzestan Province"*, Master thesis, Sistan and Baluchestan University, (2008), 198 p.

[21] Guangjin Wa., "*Geochemistry of dust aerosol over the Eastern pamirs*", Journal of Arid Environment (2008) 1129-1143.

[22] Zarasvandi A, Carranza EJM, Moore F, Rastmanesh F., *"Spatio-temporal occurrences and mineralogical–geochemical characteristics of airborne dusts in Khuzestan Province (southwestern Iran)* ". Journal of Geochemical Exploration, 111(3) (2011) 138-51.

[DOI: 10.29252/ijcm.26.2.263]